

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie



Renovace forem pro litá kola

Renovation Forms for Alloy Wheels

Student:

Bc. Radim Murárik

Vedoucí:

doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.

Ostrava 2017

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radim Murárik**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **2303T002 Strojírenská technologie**  
Specializace: **20 Strojírenská technologie**  
Téma: **Renovace forem pro litá kola**  
**Renovation Forms for Alloy Wheels**

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

- 1) Zpracujte studii svařování forem pro litá kola.
- 2) Navrhněte možné metody svařování forem.
- 3) Zpracujte technologické postupy pro zvolené metody svařování včetně návrhu přídavných materiálů.
- 4) Bod 3 realizujte.
- 5) Proveďte ověření užitečných vlastností forem pro litá kola.
- 6) Proveďte diskuzi dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOUKAL, J., ZMYDLENÝ, T. *Svařování I: Učební texty*. 1. vydání. VŠB-TU Ostrava. 2005. 133 s. ISBN 80-248-0870-6

Kolekti autorů *Materiály a jejich chování při svařování: Učební texty*. 1. vydání. ČSÚ s.r.o. Ostrava. 2016. 404 s.

ČSN EN ISO 15614-1 *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupů svařování - Část. 1: Obloukové a plamenové svařování ocelé a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha: Český normalizační institut, 2005

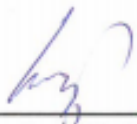
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.**


Konzultant diplomové práce: **Ing. Pavel Lipina, MBA**

Datum zadání: **09.12.2016**

Datum odevzdání: **15.05.2017**

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## PROHLÁŠENÍ O SOUHLASU SE ZVEŘEJNĚNÍM DIPLOMOVÉ PRÁCE

### Informace o studentovi

**Jméno a příjmení:** Bc. Radim Murárik

**Osobní číslo:** MUR0039

**Studium:** 2. ročník navazujícího magisterského studia na VŠB – TUO, obor Strojírenská technologie.

**Zadání diplomové práce:** Renovace forem pro litá kola

**Prohlášení:** Prohlašuji, že souhlasím se zveřejněním Diplomové práce, která se odkazuje na technickou zprávu obsahující citlivá data firmy Maxion Wheels Czech s.r.o..

**Konzultant a oponent:** Technický ředitel Alukola Ing. Pavel Lipina MBA

**Maxion Wheels Czech s.r.o.**

Vratimovská 707

719 00 Ostrava-Kunčice

IČ: 24790834

DIČ: CZ24790834

-41-


V Ostravě dne 27. 4. 2017

.....  
technický ředitel Ing. Pavel Lipina MBA

**Místopřísežné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15. 5. 2017



.....  
Podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.
- dle odstavce 9 článku 26 Studijního a zkušebního řádu je v úvodu diplomové práce vloženo prohlášení zástupce právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním diplomové práce.

V Ostravě 15. 5. 2017

  
.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Radim Murárik

Adresa trvalého pobytu autora: Bítov 52, 743 01

## **Anotace**

MURÁRIK R. *Renovace forem pro litá kola*: diplomová práce Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, Vedoucí práce: doc. Ing. Schwarz D. CSc.

Diplomová práce se zabývá studií provádění svarů na formě v místě středového otvoru a v místech pro šroubové otvory, kde dochází k erozi materiálu formy, a následně je nutné opravit formu do původního stavu. Na formách bude vyzkoušeno několik přídatných materiálů, různých parametrů svařování a následné tepelné zpracování formy. Hodnocení opravy bude probíhat dle počtu vyrobených odlitků do doby, než bude nutné formu znovu opravit. Následně budou formy rozřezány na vzorky. Na vzorcích bude změřena mikrotvrdost materiálu a vyhodnocena makrostruktura a mikrostruktura svaru.

## **Annotation**

MURÁRIK R. *Renovation Forms for Alloy Wheels*: Diploma Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanics Technology, 2017, Thesis Head: doc. Ing. Schwarz D. CSc.

The diploma thesis deals with study implementation welds to form at the site of the center hole and locations for screw holes to erosion by the mold material, and consequently it is necessary to correct the form to its original state. On the forms will be tested several additional materials, the various welding parameters and subsequent heat treatment mold. Rating repairs will be carried out according to the number of castings produced until the required form again repaired. Subsequently, the cut forms the sample. The samples will be measured and evaluated microhardness of the material macrostructure and microstructure of the weld.

## Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
1 Úvod .....	9
2 Výroba litých hliníkových kol.....	10
2.1 Maxion Wheels Czech s.r.o. ....	10
2.2 Proces výroby litých kol.....	11
2.3 Nízkotlaké lití hliníku .....	11
3 Studie svařování a oprav forem pro litá kola.....	13
4 Možné metody oprav .....	14
5 Ověření užitných vlastností forem pro litá kola .....	15
6 Závěr.....	16
7 Poděkování .....	18
8 Seznam použitých zdrojů .....	19
9 Seznam příloh.....	20
9.1 Příloha A-pWPS metoda 1 .....	20
9.2 Příloha B-pWPS metoda 2 .....	20
9.3 Příloha C-pWPS metoda 3 .....	20
9.4 Příloha D technologický postup - metoda 1 .....	20
9.5 Příloha E technologický postup - metoda 2 .....	20
9.6 Příloha F technologický postup - metoda 3.....	20

## Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
141 (TIG)	Obloukové svařování netavicí se elektrodou v inertním plynu	
HB	Tvrdost dle Brinella	
HRC	Tvrdost dle Rockwella	
HZ	Hrubé zrno	
I	Proud	A
ISO	International Organisation for Standardisation	
LS	Licí stroj	
P	Tlak	Pa (Pascal)
PM	Přídavný materiál	
SK	Svarový kov	
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	
TZ	Tepelné zpracování	
VW	Volkswagen	
ZM	Základní materiál	
$\sigma$	Pevnost	MPa



# 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá opravou licích forem pro nízkotlaké lití hliníkových kol. Předmětem diplomové práce je studie oprav forem a technologické řešení pro tyto opravy svařováním metodou 141. Cílem této diplomové práce je vyřešit problémy s opravami a následnou životností forem a navrhnout nových přídatných materiálů a technologických postupů.

V teoretické části je popsána výroba litých hliníkových kol pro osobní automobily. Podrobněji je rozepsáno nízkotlaké lití hliníku pro porozumění pracovních podmínek forem. Následně je zde popsán materiál, ze kterého jsou formy vyrobeny, a podrobněji rozepsány jednotlivé části formy, včetně vysvětlení chlazení formy. Je zde popsána technologie svařování metodou 141 a přídatný materiál, který se používal, než se začaly provádět zkoušky.

V praktické části je vysvětlena oprava forem a předvedeny ukázky formy, která je vhodná pro opravu. Jsou zde navrženy technologické postupy, přídatné materiály a tepelné zpracování, vhodné pro opravu forem. Po ukončení sledování počtu odlitků byly formy rozřezány na vzorky, u kterých byla vyhodnocena makrostruktura, mikrostruktura svaru a mikrotvrdost. Hodnocení jednotlivých technologií oprav a přídatných materiálů je na základě makrostruktury, mikrostruktury, mikrotvrdosti a počtu odlitků do nutnosti následující opravy formy. Na základě těchto parametrů byly navrženy metody oprav řádně vyhodnoceny.

## 2 Výroba litých hliníkových kol

### 2.1 Maxion Wheels Czech s.r.o.

Firma Maxion Wheels Czech s.r.o. sídlí v Ostravě (obrázek č. 1) a je součástí korporace Iochpe-Maxion. Společnost Iochpe-Maxion vlastní 32 závodů ve 14 zemích světa a dělí se na 3 divize, které se zabývají výrobou kol, strukturálních komponentů a železničního vybavení. Maxion Wheels je největší společnost na světě zabývající se výrobou kol s dlouholetou zkušeností. Firma Maxion Wheels dodává přibližně 1 z 6 celosvětově vyrobených kol. Pobočka v Ostravě se dělí na dva výrobní závody, jeden pro výrobu ocelových kol a druhý závod pro výrobu hliníkových kol. Maxion Wheels jde s trendem a vyrábí různé varianty ocelových kol včetně kol VersaStyle a různá designově odlišná hliníková kola včetně velmi žádaných pohledově obráběných kol. Mimo kola pro osobní automobily vyrábí také kola pro vysokozdvizné vozíky. Výroba kol v Ostravském závodě začala v roce 1930 (původně v Ostravě-Vítkovicích) a od té doby prošla řadou změn a inovací. V roce 1949 byl závod přestěhován do výrobních prostor v Ostravě-Kunčicích, kde sídlí doposud. Ostravský závod dodává kola pro známé značky automobilů do různých zemí (Kia, Hyundai, VW, BMW, Toyota, Seat, Porsche atd.). Ročně vyrobí až 5 miliónů kol, z toho zhruba 2 mil. hliníkových kol a 3 mil. ocelových kol. Závod investuje do nových výrobních zařízení a technologií a počítá v dalších letech s nárůstem výroby i počtu zaměstnanců, kterých je v současnosti kolem tisíce. [1]



*Obrázek č. 1 Maxion Wheels Czech s.r.o. závod alukola.*

## **2.2 Proces výroby litých kol**

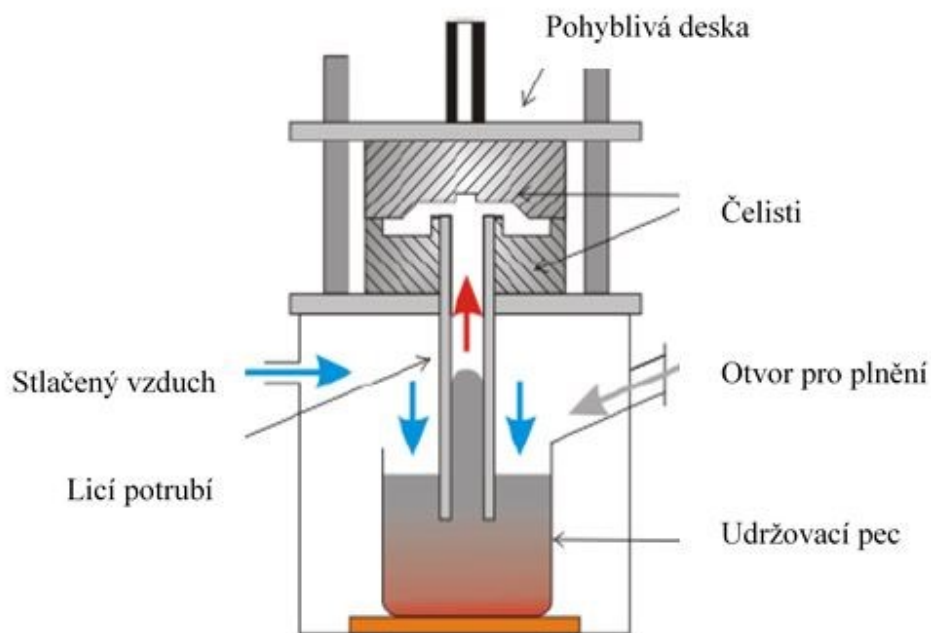
Tato kapitola je z důvodu uchování citlivých informací firmy Maxion Wheels Czech s.r.o. uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

## **2.3 Nízkotlaké lití hliníku**

Pro výrobu litých hliníkových kol používáme nízkotlaké licí stroje. Během lití je dosaženo tlaku maximálně 1 bar. Pracoviště licích strojů je složeno z licího stroje, udržovací pece, tanku s vodou a manipulátoru nebo robota Fanuc. Udržovací pec slouží pro udržování teploty hliníku na požadované hodnotě. Pec je vyhřívána elektricky prostřednictvím topných tyčí. Pec je spojena s formou prostřednictvím licího potrubí, kterým stoupá roztavený hliník do formy. Hliník se do této pece doplňuje z nádoby pomocí vysokozdvížného vozíku. Tank s vodou slouží k ochlazení hotového kola před transportem k rentgenové kontrole. Při ochlazování v této nádrži s vodou koly manipuluje robot Fanuc.

Licí stroj se skládá ze spodní, vyřezací, horní desky, vodících sloupů a udržovací pece. Desky se pohybují za pomoci hydraulického válce. Spodní deska dosedá na udržovací pec. Na spodní desce je umístěna dolní část formy s čelistmi. Na vyřezávací desku je umístěna horní část formy. Licí stroj je dále opatřen hydraulickými, vzduchovými a vodními rozvody. Chladicí okruh je napojen pomocí hadic na formu. [3, 4]

Plnění formy hliníkem se děje prostřednictvím tlaku vzduchu na hladinu roztaveného kovu v udržovací peci. Dochází k vytlačování tekutého kovu do formy přes licí potrubí. Po ukončení licího cyklu klesne tlak na nulu a sloupec tekutého kovu se oddělí od ztuhlého kovu ve formě. Před litím hliníku do formy je nutné, aby spodní a horní část formy dosahovaly teploty přibližně 440 °C. Schéma plnění formy hliníkem je na obrázku č. 4. [3, 4]



*Obrázek č. 4 Schéma licího stroje při odlévání odlitků kol. [3]*

Před zahájením lití hliníku je nutné formu zahřát na provozní teplotu. První část lití je při tlaku 40 kPa, která trvá přibližně 40 sekund. Následuje druhá fáze vstřikování roztaveného hliníku při tlaku 100 kPa a trvá přibližně 3 minuty. Po této fázi klesne tlak na 0 kPa a odlitek se chladí po dobu 40 sekund, následuje rozevření formy s čelistmi, robot vytáhne odlitek, který nechá chladit nejprve na vzduchu a poté ho ochladí ve vodní lázni. Po vytažení odlitku z vodní lázně robot nechá okapat vodu a umístí ho na dopravník směřující k rentgenové kontrole. Všechny části formy mají svůj okruh chlazení, skládající se z vodního, ale taky ze vzduchových okruhů. Jednotlivé okruhy chlazení se automaticky zapínají dle nastaveného programu se zpožděním v čase od zahájení lití hliníku. Tímto se zajistí dostatečné chlazení a hlídání požadované teploty během lití.

Zbytek této kapitoly je z důvodu uchování citlivých informací firmy Maxion Wheels Czech s.r.o. uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

### **3 Studie svařování a oprav forem pro litá kola**

Tato kapitola je z důvodu uchování citlivých informací firmy Maxion Wheels Czech s.r.o. uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

## **4 Možné metody oprav**

Tato kapitola je z důvodu uchování citlivých informací firmy Maxion Wheels Czech s.r.o. uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

## **5 Ověření užitných vlastností forem pro litá kola**

Tato kapitola je z důvodu uchování citlivých informací firmy Maxion Wheels Czech s.r.o. uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

## 6 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval studií oprav forem pro nízkotlaké lití hliníkových kol pro osobní automobily. V práci jsem vysvětlil výrobu hliníkových kol, popsal všechny části licích forem a jejich chlazení. Dále jsem se zabýval metodou 141, kterou byly formy opravovány. V diplomové práci jsem popsal materiál, který je použitý pro lící formu, vložky vodního chlazení a tři typy přídavného materiálu pro svařování metodou 141.

Diplomová práce se zabývala kvalifikací 3 metod pro opravu narušených licích forem včetně stávající metody opravy. Opravy probíhaly svařováním chladících vložek vodního chlazení ke zbývajícím částem formy metodou 141 a navařováním chybějícího materiálu ve středovém otvoru lící formy z důvodu eroze v této části formy. Tyto místa jsou klasifikovány jako nejkritičtější, z tohoto důvodu se diplomová práce zabývá opravou těchto míst. Za tímto účelem byly zhotoveny vzorky pro každou metodu.

Na formách jsem provedl měření tvrdosti ihned po svařování a po tepelném zpracování. Po zhotovení vzorků forem opravovaných jednotlivými metodami byly vzorky podrobeny zkouškám pro ověření potřebných vlastností. Provedl jsem hodnocení makrostruktury, mikrostruktury a mikrotvrdosti.

Během měření tvrdosti povrchu forem před nasazením na lící stroj byla u metody č. 1 tvrdost svaru 160 HB, což je nižší hodnota, než tvrdost základního materiálu. U metody č. 2 je tvrdost svaru 614 HB. Tato hodnota je výrazně vyšší, než tvrdost základního materiálu. Po tepelném zpracování se tato hodnota nezvýšila, proto vyhodnocuji tepelné zpracování jako zbytečné. U metody č. 3 byla hodnota svaru 303 HB a při následném tepelném zpracování se zvýšila na 553 HB. Tato metoda vykazuje vyšší tvrdost, než základní materiál ihned po svařování, ale je ještě příznivý pro obrábění. Po operaci obrábění byla forma tepelně zpracována a tvrdost se zvýšila na požadovanou hodnotu.

Při zkoušce makrostruktury a mikrostruktury byly u metody č. 1 nalezeny trhliny odpovídající charakteru korozního praskání a několik pórů. U metody č. 2 a 3 nebyly



patrné trhliny, ale byl zaznamenán neprovařený kořen na jedné straně chladicí vložky, který neměl vliv na kvalitu formy během zbývajících doby životnosti.

Z hlediska multikriteriálního hodnocení má nejvíce bodů metoda č. 3. Tato metoda je excelentní v oblasti životnosti a je velice dobře obrobitelná. U metody č. 1 jsou velké problémy s životností a u metody č. 2 jsou největší problémy s obráběním po svařování. Metoda č. 3 je nejvhodnější i z pohledu uživatele.

Celkově metodu č. 3 hodnotím jako nejlepší pro opravu forem pro nízkotlaké lití hliníkových kol. Tato metoda nejlépe obstála nestandardní namáhání formy a přispěla k méně častým a závažným opravám forem. Tuto metodu hodnotím jako velký přínos pro firmu, ušetří spoustu času a starostí s opravami forem.

## 7 Poděkování

V tomto odstavci bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Drahomíru Schwarzovi CSc., konzultantovi Ing. Pavlovi Lipinovi MBA a vedoucímu nástrojárny Adrianu Rossettovi za kvalitní vedení, cenné rady, předané vědomosti a především za jejich čas, věnovaný konzultování mé diplomové práce. Také bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za podporu během studií a při psaní diplomové práce. Mimo jiné bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří se na ní jakkoliv podíleli, byť sebemenší radou. Děkuji také firmě Maxion Wheels Czech s.r.o., že mi umožnila provedení diplomové práce.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] About us. *Maxion Wheels* [online]. 2016 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: <http://www.maxionwheels.com/en/about-us/>
- [2] Výroba odlitků ze slitin hliníku. *KSP-TUL* [online]. [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/MV-cv\\_3.pdf](http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/MV-cv_3.pdf)
- [3] IŽDINSKÁ, Zita. *Metal casting*. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2007. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-2660-3.
- [4] BALEJ, Zdeněk, Jan OPLETAL a Vladimír KUDĚLKA. *Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu metodou 141 (TIG) vysokolegovaných austenitických ocelí: učebnice*. Ostrava: ZEROSS, 2000. Svařování. ISBN 80-85771-80-2.
- [5] TIG (Tungsten Inert Gas Welding). *Automig: Internetový magazín* [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/tig-wig-plasmatig/>
- [6] 1.2885/WLK: Nástrojová ocel pro práci za tepla. Akrostal [online]. [cit. 2016-12-18]. Dostupné z: <http://www.akrostal.pl/index.php/cz/technicke-udaje-druhu/1-2885-wlk>
- [7] Management kvality v automobilovém průmyslu. *ISO.CZ* [online]. [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://www.iso.cz/isots-16949>
- [8] Převodník materiálů: 1.2344 (X40CrMoV5-1, 19 554). *Preciz s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2017-02-14]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.2344>
- [9] HRIVŇÁK, I. *Teória zvariteľnosti kovov a zliatin*. 1. vydání. VSAV Bratislava. 1989. 344 s. ISBN 80-224-0016-5
- [10] KOUKAL, Jaroslav a Tomáš ZMYDLENÝ. *Svařování I*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - TU, 2005. ISBN 80-248-0870-6.
- [11] KOUKAL, Jaroslav, Drahomír SCHWARZ a Jiří HAJDÍK. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU, 2009. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [12] MURÁRIK R. *Renovace forem pro litá kola: technická zpráva diplomové práce* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, Vedoucí práce: doc. Ing. Schwarz D. CSc.

## **9 Seznam příloh**

### **9.1 Příloha A-pWPS metoda 1**

Tato příloha je uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

### **9.2 Příloha B-pWPS metoda 2**

Tato příloha je uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

### **9.3 Příloha C-pWPS metoda 3**

Tato příloha je uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

### **9.4 Příloha D technologický postup - metoda 1**

Tato příloha je uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

### **9.5 Příloha E technologický postup - metoda 2**

Tato příloha je uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]

### **9.6 Příloha F technologický postup - metoda 3**

Tato příloha je uvedena v technické zprávě diplomové práce. [12]